

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



5 / Priority
Doc.
E. Millio
3-11-02

JC996 U.S. PTO
09/935975



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 100 41 357.9

Anmeldetag: 23. August 2000

Anmelder/Inhaber: Martin Schleske,
München/DE

Bezeichnung: Resonanzplatte in Faserverbund-Bauweise für
akustische Musikinstrumente

IPC: G 10 D, B 32 B, C 08 J

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 26. Juli 2001
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Ebert



Anmelder: Martin Schleske
Geigenbaumeister und Dipl.-Phys.-Ing. (FH)
Seitzstr. 4
80538 München

Zusammenfassung

1. Resonanzplatte in Faserverbund-Bauweise für akustische Musikinstrumente

2. Die Erfindung stellt eine Resonanzplatte für akustische Musikinstrumente dar. Ihre Verwendung ist möglich für alle akustischen Musikinstrumente, deren Schallabstrahlung mittels Resonanzplatten (bzw. Resonanzboden) oder eines aus Resonanzplatten zusammengefügt Resonanzkörpers erfolgt. Die erfindungsgemäße Resonanzplatte wird als Faserverbund hergestellt und nimmt eine größere Fläche ein, als die herkömmlichen Vollholz-Resonanzplatten, an deren Stelle sie eingesetzt wird. Sie beinhaltet eine Kernplatte (1) geringer Dichte und variabler Dicke (8), wobei die Kernplatte darüber hinaus mit mehreren Aussparungen (7) versehen ist, sowie einer auf beiden Seiten (3; 4) der Kernplatte in einem Matrixsystem aus Harz eingebetteten einschichtigen, multidirektionalen Faserbeschichtung (2) aus orientierten Langfasern. Ferner ist auf die Faserbeschichtung beider Seiten eine dünne Außenschicht aus Vollholz (9) aufgebracht, die zur Erzeugung gewünschter Dämpfungseigenschaften grundiert und lackiert ist. Abb. 1 zeigt ein Flächenelement der erfindungsgemäßen Resonanzplatte. Sie ermöglicht gegenüber den herkömmlichen Resonanzplatten aus Vollholz oder Composite eine erhöhte Schallabstrahlung und eine erhöhte Modendichte.

Patentansprüche

1. Resonanzplatte in Faserverbund-Bauweise für akustische Musikinstrumente --insbesondere zur Verwendung als zumindest eine der
5 beiden Resonanzplatten (Decke und Boden) des Resonanzkörpers von Streichinstrumenten-- bestehend aus einer Kernplatte (1) und einer auf der Oberseite (3) und der Unterseite (4) der Kernplatte (1) angebrachten Faserbeschichtung (2) aus orientierten Langfasern, wobei diese aus organischem oder anorganischem Material
10 sein können und in duroplastische oder thermoplastische Matrixsysteme eingebettet sind, *dadurch gekennzeichnet, daß* die Faserbeschichtung (2) einschichtig und zugleich multidirektional ist.
2. Resonanzplatte nach Patentanspruch 1, *dadurch gekennzeichnet, daß*
15 die Faserbeschichtung (2) auf zumindest einer der beiden Seiten (Oberseite (3) und Unterseite (4)) kein konstantes Flächengewicht hat, sondern der Faseranteil pro Fläche über die Gesamtfläche unterschiedlich verteilt ist, wobei dieses Merkmal bezüglich einer etwaigen Symmetrieachse der Resonanzplatte symmetrisch oder asymmetrisch sein kann.
20
3. Resonanzplatte nach einem der Patentansprüche 1-2, *dadurch gekennzeichnet, daß* der Verlauf der Fasern einer Faserbeschichtung (2) bei zumindest einer der beiden Seiten (Oberseite (3) und Unterseite (4)) kontinuierlich oder abrupt ein- oder mehrmals die
25 Richtung ändert, wobei dieses Merkmal bezüglich einer etwaigen Symmetrieachse der Resonanzplatte symmetrisch oder asymmetrisch sein kann.
- 30 4. Resonanzplatte nach einem der Patentansprüche 1-3, *dadurch gekennzeichnet, daß* die Faserbeschichtung (2) bei zumindest einer der beiden Seiten (Oberseite (3) und Unterseite (4)) nicht über die Gesamtfläche der Kernplatte (1) aufgebracht ist, sondern nur auf Teilbereiche der Kernplatte (1) aufgebracht ist, wobei die
35 Faserbeschichtung (2) dabei die Form einzelner, voneinander getrennter Streifen (12) oder Parzellen (13) haben kann, die bezüglich einer etwaigen Symmetrieachse der Resonanzplatte symmetrisch oder asymmetrisch angeordnet sein können.

5. Resonanzplatte nach einem der Patentansprüche 1-4, dadurch gekennzeichnet, daß Garnfeinheit oder Garndicke oder beides der Faserbeschichtung (2) über die Gesamtfläche nicht konstant sind.

5 6. Resonanzplatte nach einem der Patentansprüche 1-5, dadurch gekennzeichnet, daß durch die Winkel zwischen dem Faserverlauf der Faserbeschichtung (2) und den Linien gleicher Krümmung der Eigenschwingungsformen der Resonanzplatte der Frequenzabstand zwischen den Eigenschwingungen eingestellt wird.

10

7. Resonanzplatte nach einem der Patentansprüche 1-6, dadurch gekennzeichnet, daß der Verlauf der Fasern der Faserbeschichtung (2) auf der Oberseite (3) der Kernplatte (1) identischen mit dem Verlauf der Fasern auf der Unterseite (4) ist.

8. Resonanzplatte nach einem der Patentansprüche 1-6, dadurch gekennzeichnet, daß der Verlauf der Fasern der Faserbeschichtung (2) auf der Oberseite (3) der Kernplatte (1) vom Verlauf der Fasern auf der Unterseite (4) der Kernplatte (1) mehr oder weniger stark abweicht.

20

9. Resonanzplatte nach einem der Patentansprüche 1-8, dadurch gekennzeichnet, daß die Dichte (spezifisches Gewicht) der Kernplatte (1) geringer ist als die Dichte der entsprechenden Vollholz-Resonanzplatte, an deren Stelle sie eingesetzt wird.

25

10. Resonanzplatte nach Patentanspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß das Material der Kernplatte (1) aus Balsaholz besteht, wobei der axiale Verlauf der Holzfasern (5) senkrecht zur Normalenrichtung der Plattenebene verläuft und die Jahresringe im Hirnholzschnitt (6) parallel zur Normalenrichtung der Plattenebene stehen.

30

11. Resonanzplatte nach Patentanspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß das Material der Kernplatte (1) aus Hartschaum besteht, wobei dieser offenporig oder geschlossenporig sein kann.

35

12. Resonanzplatte in Faserverbund-Bauweise für akustische Musikinstrumente --insbesondere zur Verwendung als zumindest eine der beiden Resonanzplatten (Decke und Boden) des Resonanzkörpers von Streichinstrumenten-- bestehend aus einer Kernplatte (1) und einer auf der Oberseite (3) und der Unterseite (4) der Kernplatte (1) angebrachten Faserbeschichtung (2) aus orientierten Langfasern, wobei diese aus organischem oder anorganischem Material sein können und in duroplastische oder thermoplastische Matrixsysteme eingebettet sind, insbesondere nach einem der Patentansprüche 1-11, *dadurch gekennzeichnet, daß* die Kernplatte (1) an einem oder mehreren Bereichen innerhalb der durch ihren Umriß umgrenzten Fläche Aussparungen (7) aufweist.
13. Resonanzplatte nach Patentanspruch 12, *dadurch gekennzeichnet, daß* die Aussparungen (7) in der Kernplatte (1) die gesamte Dicke (8) der Kernplatte (1) einnehmen.
14. Resonanzplatte nach Patentanspruch 12, *dadurch gekennzeichnet, daß* die Aussparungen (7) in der Kernplatte (1) nur einen Teil der Dicke (8) der Kernplatte (1) einnehmen.
15. Resonanzplatte nach einem der Patentansprüche 13-14, *dadurch gekennzeichnet, daß* die verschiedenen Aussparungen (7) in der Kernplatte (1) gleiche oder unterschiedliche Größen und gleiche oder unterschiedliche Formen haben, sowie über die Gesamtfläche der Kernplatte (1) verteilt in konstanter oder unterschiedlicher Dichte (Aussparungsvolumen je Plattenvolumen) und konstanter oder unterschiedlicher Häufigkeit auftreten.
16. Resonanzplatte nach einem der Patentansprüche 12-15, *dadurch gekennzeichnet, daß* die Kernplatte (1) aus mehreren Schichten gleichen oder unterschiedlichen Materials besteht.
17. Resonanzplatte nach einem der Patentansprüche 1-16, *dadurch gekennzeichnet, daß* auf die Faserbeschichtung (2) bei zumindest einer der beiden Seiten (Oberseite (3) und Unterseite (4)) eine dünne Vollholzschicht (9) aufgebracht ist, die derart präpariert, bzw. grundiert und lackiert ist, daß die Schwingungsmoden des aus

solchen Resonanzplatten zusammengefügt Resonanzkörpers trotz der von Vollholzresonanzplatten abweichenden Resonanzdämpfung Verlustfaktoren (10) erhalten, die den Schwingungsmoden eines herkömmlichen, aus Vollholz gefertigten Resonanzkörpers entsprechen, wobei sich definitionsgemäß der Verlustfaktor (10) für eine Schwingungsmode als Quotient ihrer 3dB-Bandbreite dividiert durch ihre Eigenfrequenz ergibt.

18. Resonanzplatte nach Patentanspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß auf die Faserbeschichtung (2) bei zumindest einer der beiden Seiten (Oberseite (3) und Unterseite (4)) eine dünne Dämpfungsschicht aufgebracht ist, die nicht die Gesamtfläche der Resonanzplatte, sondern nur einen oder mehrere Teilbereiche der Gesamtfläche einnimmt.

19. Resonanzplatte nach einem der Patentansprüche 17-18, dadurch gekennzeichnet, daß die Verlustfaktoren (10) der Schwingungsmoden zwischen $2 \cdot 10^{-2}$ und $6 \cdot 10^{-2}$ liegen.

20. Resonanzplatte nach einem der Patentansprüche 17-19, zur Verwendung als Decken- und Boden-Resonanzplatte von Saiteninstrumenten -insbesondere von Streichinstrumenten--, dadurch gekennzeichnet, daß die dünne Vollholzschicht (9) bei der Boden-Resonanzplatte aus einer anderen Holzart besteht als bei der Decken-Resonanzplatte.

21. Resonanzplatte nach einem der Patentansprüche 17-19, zur Verwendung als Decken- und Boden-Resonanzplatte von Saiteninstrumenten -insbesondere von Streichinstrumenten--, dadurch gekennzeichnet, daß durch die Präparierung der dünnen Vollholzschicht (9) bei der Boden-Resonanzplatte andere Verlustfaktoren (10) erzielt werden als durch die Präparierung der dünnen Vollholzschicht (9) der Decken-Resonanzplatte.

22. Resonanzplatte nach einem der Patentansprüche 1-21, dadurch gekennzeichnet, daß die Resonanzplatte kontinuierliche oder abgestufte Dickenunterschiede der Kernplatte (1) beinhaltet und damit

lokale Steifigkeits- und Massenunterschiede der Platte erzielt werden.

23. Resonanzplatte in Faserverbund-Bauweise für akustische Musikinstrumente zur Verwendung als Decken-Resonanzplatte und Boden-Resonanzplatte des Resonanzkörpers von Saiteninstrumenten, insbesondere von Streichinstrumenten, bestehend aus einer Kernplatte (1) und einer auf der Oberseite (3) und der Unterseite (4) der Kernplatte (1) angebrachten Faserbeschichtung (2) aus orientierten Langfasern, wobei diese aus organischem oder anorganischem Material sein können und in duroplastische oder thermoplastische Matrixsysteme eingebettet sind, insbesondere nach einem der Patentansprüche 1-22, *dadurch gekennzeichnet, daß* die Decken-Resonanzplatte und die Boden-Resonanzplatte insofern unterschiedlich beschaffen sind, als der Anisotropiequotient, welcher sich ergibt, wenn man die Längssteifigkeit der Resonanzplatte durch die Quersteifigkeit der Resonanzplatte dividiert, bei der Decken-Resonanzplatte größer ist als bei der Boden-Resonanzplatte.

24. Resonanzplatte nach Patentanspruch 23, *dadurch gekennzeichnet, daß* der Anisotropiequotient bei der Decken-Resonanzplatte bis zu fünf mal so groß ist wie bei der Boden-Resonanzplatte.

25. Resonanzplatte in Faserverbund-Bauweise für akustische Musikinstrumente zur Verwendung als zumindest eine der beiden Resonanzplatten (Decke und Boden) des Resonanzkörpers von Saiteninstrumenten, insbesondere von Streichinstrumenten, bestehend aus einer Kernplatte (1) und einer auf der Oberseite (3) und der Unterseite (4) der Kernplatte (1) angebrachten Faserbeschichtung (2) aus orientierten Langfasern, wobei diese aus organischem oder anorganischem Material sein können und in duroplastische oder thermoplastische Matrixsysteme eingebettet sind, insbesondere nach einem der Patentansprüche 1-24, *dadurch gekennzeichnet, daß* die Fläche der Resonanzplatte um mindestens 5 Prozent größer bemessen ist, als die Vollholz-Resonanzplatte, an deren Stelle sie eingesetzt wird.

26. Resonanzplatte nach Patentanspruch 25, *dadurch gekennzeichnet*, daß die Proportionsquotienten, welche sich ergeben, wenn man die maximale Längenabmessung (L) der Resonanzplatte durch die jeweilige Breitenabmessung des Plattenumrisses dividiert, um mindestens 5 Prozent kleiner sind als üblich, wobei im Falle der herkömmlichen, klassischen Violine (A. Stradivari; J. Guarneri del Gesu; D. Montagnana) folgende Proportionsquotienten gegeben sind: oberer Proportionsquotient (maximale Plattenlänge (L) dividiert durch maximale obere Umrißbreite (oB)) mindestens 2.07; mittlerer Proportionsquotient (maximale Plattenlänge (L) dividiert durch minimale Umrißbreite (mB) im C-Bügel) mindestens 3.08; unterer Proportionsquotient (maximale Plattenlänge (L) dividiert durch maximale untere Umrißbreite (uB)) mindestens 1,74.
27. Resonanzplatte nach einem der Patentansprüche 1-26, *dadurch gekennzeichnet*, daß gegenüber einer herkömmlichen Resonanzplatte aus Vollholz, an deren Stelle sie verwendet wird, die Masse pro Flächenelement um mindestens 10 Prozent verringert ist.
28. Resonanzplatte in Faserverbund-Bauweise für akustische Musikinstrumente zur Verwendung als zumindest eine der beiden Resonanzplatten (Decke und Boden) des Resonanzkörpers von Saiteninstrumenten, insbesondere von Streichinstrumenten, bestehend aus einer Kernplatte (1) und einer auf der Oberseite (3) und der Unterseite (4) der Kernplatte (1) angebrachten Faserbeschichtung (2) aus orientierten Langfasern, wobei diese aus organischem oder anorganischem Material sein können und in duroplastische oder thermoplastische Matrixsysteme eingebettet sind, insbesondere nach einem der Patentansprüche 1-27, *dadurch gekennzeichnet*, daß das Verhältnis aus maximal auftretender Schallgeschwindigkeit der Longitudinalwellen (in m/s) innerhalb eines Flächenelementes der Platte dividiert durch die Gesamtdichte der Platte (in kg/m³) im Fall, daß sie an Stelle einer Vollholz-Resonanzplatte aus Fichtenholz eingesetzt wird, mindestens 18 m⁴/s*kg beträgt und im Fall, daß sie an Stelle einer Vollholz-Resonanzplatte aus Ahornholz eingesetzt wird, mindestens 11 m⁴/s*kg beträgt.

29. Resonanzplatte in Faserverbund-Bauweise für akustische Musikinstrumente zur Verwendung als zumindest eine der beiden Resonanzplatten (Decke und Boden) des Resonanzkörpers von Saiteninstrumenten, insbesondere von Streichinstrumenten, bestehend aus einer Kernplatte (1) und einer auf der Oberseite (3) und der Unterseite (4) der Kernplatte (1) angebrachten Faserbeschichtung (2) aus orientierten Langfasern, wobei diese aus organischem oder anorganischem Material sein können und in duroplastische oder thermoplastische Matrixsysteme eingebettet sind, insbesondere nach einem der Patentansprüche 1-28, *dadurch gekennzeichnet, daß* sie im Fall, daß sie an Stelle einer Vollholz-Resonanzplatte aus Fichtenholz eingesetzt wird, eine Gesamtdichte von 300 kg/m^3 unterschreitet und im Fall, daß sie an Stelle einer Vollholz-Resonanzplatte aus Ahornholz eingesetzt wird, eine Gesamtdichte von 500 kg/m^3 unterschreitet.

30. Violine mit zumindest einer Resonanzplatte in Faserverbund-Bauweise, insbesondere nach einem der Patentansprüche 1-29, *dadurch gekennzeichnet, daß* die Decken-Resonanzplatte incl. fflöchern und Baßbalken eine Gesamtmasse von 50 Gramm unterschreitet und die Boden-Resonanzplatte eine Gesamtmasse von 90 Gramm unterschreitet.

31. Viola mit zumindest einer Resonanzplatte in Faserverbund-Bauweise, insbesondere nach einem der Patentansprüche 1-29, *dadurch gekennzeichnet, daß* die Decken-Resonanzplatte incl. fflöchern und Baßbalken eine Gesamtmasse von 90 Gramm unterschreitet und die Boden-Resonanzplatte eine Gesamtmasse von 160 Gramm unterschreitet.

32. Violoncello mit zumindest einer Resonanzplatte in Faserverbund-Bauweise, insbesondere nach einem der Patentansprüche 1-29, *dadurch gekennzeichnet, daß* die Decken-Resonanzplatte incl. fflöchern und Baßbalken eine Gesamtmasse von 330 Gramm unterschreitet und die Boden-Resonanzplatte eine Gesamtmasse von 640 Gramm unterschreitet.

33. Halbzeug (Prepreg), welches mit thermoplastischer oder duroplastischer Matrix vorimprägniert ist, zur Anfertigung von Leichtbaustrukturen in Faser-Kunststoff-Verbunden, insbesondere zur Anfertigung von Resonanzplatten für akustische Musikinstrumente, dadurch gekennzeichnet, daß es alle oder Teile der in den Ansprüchen 1 - 6 genannten Merkmale aufweist.

Anmelder: Martin Schleske
Geigenbaumeister und Dipl.-Phys.-Ing. (FH)
Seitzstr. 4
80538 München

5

Resonanzplatte in Faserverbund-Bauweise für akustische Musikinstru-
mente

- 10 Die Erfindung stellt eine Resonanzplatte für akustische Musikinstru-
mente dar. Ihre Verwendung ist möglich für alle akustischen Musikin-
strumente, deren Schallabstrahlung mittels Resonanzplatten oder ei-
nes aus Resonanzplatten zusammengefügt Resonanzkörpers erfolgt.
(Der Begriff „Resonanzplatte“ wird hier synonym verwendet für den in
15 der Literatur teilweise verwendeten Begriff „Resonanzboden“. Der Be-
griff „Resonanzboden“ ist insofern irreführend, als eine Resonanz-
platte im speziellen Fall, daß sie Teil eines Resonanzkörpers ist
(beim Zupf- oder Streichinstrument) sowohl dessen Decke als auch
dessen Boden sein kann.) Die erfindungsgemäße Resonanzplatte wird in
20 Faserverbund-Bauweise hergestellt und ermöglicht gegenüber den her-
kömmlichen Resonanzplatten aus Vollholz oder Composite eine erhöhte
Schallabstrahlung und eine erhöhte Modendichte.

- Die potentiellen Vorteile, die eine Anfertigung des Resonanzkörpers
25 von Saiteninstrumenten in Composite- bzw. Faserverbundbauweise ge-
genüber herkömmlichen Vollholzinstrumenten mit sich bringen, sind
weitgehend bekannt: Rationellere, billiger Herstellung; bessere Wit-
terungsbeständigkeit; erhöhte Stabilität; erhöhte Dauerhaftigkeit;
konstantere klangliche Ergebnisse durch reproduzierbare Materialei-
30 genschaften. Diesen Vorteilen wird in folgenden Patentanmeldungen
Rechnung getragen:

1. Rationellere, billiger Herstellung von Streichinstrumenten:
U.S. Pat. Nr. 5,955,688 (Cook); U.S. Pat. Nr. 6,087,568 (Seal); U.S.
Pat. Nr. 5,895,872 (Chase).

- 35 2. Witterungsbeständigkeit (Hygroskopizität und Temperaturemp-
findlichkeit von Holz): U.S. Pat. Nr. 6,087,568 (Seal).

3. Stabilität: U.S. Pat. Nr. 5,955,688 (Cook); U.S. Pat. Nr.
6,087,568 dort Anspruch 13 B (Seal); U.S. Pat. Nr. 5,895,872 (Cha-
se).

4. Dauerhaftigkeit (Leimfugen ersetzen; Zusatzverstrebungen einbauen etc.): U.S. Pat. Nr. 5,955,688 (Cook).

5. Konstantere klangliche Ergebnisse durch reproduzierbare Materialeigenschaften: U.S. Pat. Nr. 5,955,688 (Cook); U.S. Pat. Nr. 5,905,219 (Westheimer).

Das der Erfindung zugrundeliegende Problem besteht darin, daß die bisherigen Saiteninstrumente in Composite-Bauweise bislang gegenüber den traditionellen aus Vollholz gefertigten Instrumenten nur wenig befriedigende akustische Ergebnisse erzielen konnten. Die genannten Erfindungen zielen -motiviert durch die beschriebenen Vorteile - i.d.R. auf ein bloßes Ersetzen des Holzes, nicht auf eine Verbesserung seiner akustischen Eigenschaften ab.

Die Tatsache, daß bisherige Erfindungen im Bereich der Faserverbundtechnologie bei Saiteninstrumenten nur auf ein produktionstechnisches Ersetzen des Vollholzes, nicht aber auf eine gezielte, definierte Verbesserung der akustischen Eigenschaften des Vollholzes abzielen, wird anschaulich belegt, wie einer der ersten Erfinder von Composite-Instrumenten (Besnainou) in einem späteren Patent (DE 69023318 T2 bzw.: EP 0433430 B1) die bisherigen Erfindungen kommentiert: „Ohne großen Erfolg hat man seit vielen Jahren versucht, das bei diesem Instrumententyp verwendete Holz durch ein Verbundmaterial auf der Basis von Langfaserlagen zu ersetzen.“ Eine wesentliche Ursache für diesen mangelnden Erfolg liegt m.E. in der mangelnden Kenntnis derjenigen akustischen Eigenschaften des Holzes, die verbessert werden sollten. So nennt Besnainou in Patent DE 37 38 459 A1 einen Elastizitätsmodul in Faserlängsrichtung von 11,6 GPa, einen Querelastizitätsmodul von 0,94 GPa, eine durchschnittliche Dichte von 0,56, sowie „eine dem Holz annähernd gleiche makroskopische Heterogenität“ und als Ziel, daß „das zusammengesetzte Material der Erfindung ähnliche Eigenschaften wie die Fichte aufweisen“ soll. Auch wesentlich spätere Anwendungen folgen diesem Prinzip, wie etwa in U.S. Pat. Nr. 5,895,872 (Chase), wo Teile der o.g. Vorteile dargestellt werden, hinsichtlich der akustischen Eigenschaften aber als Ziel formuliert wird, „achieving the ideal traditional sound of wood“. Ähnlich wird in U.S. Pat. Nr. 5,905,219 (Westheimer) als wünschenswert angesehen „to approximate the characteristics of wood,

and accordingly to approximate the specific gravity of wood." Zwar wird hier prinzipiell bereits daran gedacht, etwa durch leichtere Resonanzkörper, neue Klangeigenschaften zu kreieren, doch finden sich dafür lediglich Vorschläge hinsichtlich einer Erhöhung des Füllstoffgehaltes.

Die Akustik stellt die Primärfunktion des Instrumentes dar. Die erfindungsgemäße Resonanzplatte zielt daher gegenüber den herkömmlichen Vollholz-Resonanzplatten und gegenüber den bisherigen Erfindungen in Composite-Bauweise auf eine Verbesserung der akustischen Eigenschaften ab. Diese Verbesserungen werden im folgenden eingehend erläutert.

Stand der Technik und Unterschiede zur vorliegenden Erfindung:

Zum Stand der Technik ist zu sagen, daß die Composite-Technologie im Bereich der Musikinstrumente seit Jahrzehnten angewandt wird. So werden die entsprechenden Möglichkeiten etwa in Schwartz, M. „Composite Materials Handbook“ (1984) beschrieben.

Patent DE 3738459 (Besnainou; 1987) beschreibt eine entsprechend zusammengesetzte Composite-Struktur für Resonanzböden. Zwei wesentliche Unterschiede der erfindungsgemäßen Resonanzplatte liegen darin, daß bei Patent DE 3738459

- a) die Fasern die *Kernschicht* bilden (Patent DE 3738459 Anspruch 1; Fig 1) und nicht die *Außenschicht* (mein Anspruch 1),
- b) die Fasern aus unidirektionalen und/oder mehreren in bestimmtem Winkel übereinandergelegten Fasermatten bestehen (Patent DE 3738459 Anspruch 3 und Fig. 2) und nicht aus einem einschichtigen, multidirektionalen Fasergelege (mein Anspruch 1).

Ähnlich wie Patent DE 3738459 sehen die später folgenden „Verbesserungserfindungen“ von Resonanzböden mittels Faserverbundbauweise eine laminierte Sandwich-Leichtbau-Konstruktion aus einem Verbund von unidirektionalen, i.d.R. kreuzweise orientierten Fasergelegen und/oder Fasergeweben vor, wie dies in anderen Bereichen (z.B. Flugzeugbau) stets üblich ist, z.B. DE 69023318 T2 bzw. EP 0433430 B1 (Besnainou); U.S. Pat. Nr. 5,955,688 (Cook); U.S. Pat. Nr. 6,087,568 (Seal); U.S. Pat. Nr. 5,406,874 (Witchel); dazu gehört auch die Bei-

mischung kleiner Hohlkugeln, die das Masse-Steifigkeitsverhältnis beeinflussen, wie etwa in U.S. Pat. Nr. 5,905,219 (Westheimer).

5 Diese standardmäßigen Vorgehensweisen reichen nicht aus, um akustisch befriedigende Ergebnisse von Saiteninstrumenten zu erzielen. Daher hatten die bisherigen Patente nur bedingt klanglichen Erfolg. (Sie sind entsprechend zum Teil auch nicht mehr in Kraft.)

10 Bei den üblichen Sandwich-Konstruktionen werden die Steifigkeitseigenschaften in den verschiedenen Belastungsrichtungen durch kreuzweises Übereinanderlegen verschiedener unidirektionaler Fasergelege bestimmten Winkels oder durch kreuzweise gewobenen Fasermatten erreicht. Denn ein einziges, unidirektionales Fasergelege wäre nicht
15 ausreichend, da hier das Steifigkeitsverhältnis in Längs- und Querrichtung nicht eingestellt werden können. Dieses Verhältnis ist aber maßgeblich für die Ausbildung charakteristischer Eigenschwingungsformen. Im Gegensatz zu den verschiedenen, in mehr oder weniger großer Anzahl kreuzweise übereinander liegenden, Faserlagen der bisherigen Erfindungen weist die erfindungsgemäße Resonanzplatte auf der
20 Oberseite (3) und Unterseite (4) der Kernplatte (1) nur jeweils eine einzige Faserlage (2) auf. Die erfinderische Neuheit besteht dabei u.a. darin, daß es sich nicht um ein unidirektionales Faser-Prepreg (Standart) handelt, sondern um ein Gelege, das in einer einzigen Lage mehrmals seine Faserrichtung ändert. Durch dieses erfindungsgemäße
25 Faserlagenmuster (nach Ansprüchen 1-8) kann bereits mit einer einzigen Faserlage das Steifigkeitsverhältnis gemäß der verschiedenen Belastungsrichtungen und gewünschten Eigenschwingungsformen hergestellt werden (vgl. Abb. 2). Je nach Faserlagenmuster können durch Grad und Häufigkeit der Faserrichtungsänderung die örtlich verschiedenen
30 Plattenbereichen verschiedene Steifigkeitsverhältnisse (etwa zwischen Längs- und Quersteifigkeit) erhalten (Ansprüche 23-24). Die mit dieser Methode verbundene reduzierte Anzahl von Faserlagen gestattet die Anfertigung von wesentlich leichteren Resonanzplatten als bei den bisherigen Erfindungen. Da die schwingende Masse der Resonanzplatte unmittelbar proportional zur erzielbaren Schwingungsschnelle ist, führt ein Instrument mit der erfindungsmäßigen Resonanzplatte gegenüber den bisherigen Composite-Instrumenten zu einer
35 erhöhten Schallabstrahlung.

Zwar sieht Patent DE 690 23 318 (Besnainou) ebenfalls eine über die Fläche der Resonanzplatte nicht konstante Steifigkeitsverteilung vor. Im Unterschied zur erfindungsgemäßen Resonanzplatte wird dies aber durch „zumindest zwei sich kreuzende [Faser]Lagen“ (Patent DE 690 23 318 Anspruch 1) und damit einer wesentlich höheren schwingende Plattenmasse als bei Realisierung mit der erfindungsgemäßen einzigen, multidirektionalen Faserlage je Seite erreicht. Vgl. entsprechend U.S. Pat. Nr 4,969,381 (Decker). Patent DE 690 23 318 (Besnainou) sieht eine zum Rand hin kontinuierlich abnehmende Anisotropie (Längs- zu Quersteifigkeit) vor, wogegen durch die mehrmaligen Richtungsänderungen der Faserlage der erfindungsgemäßen Resonanzplatte eine lokal sehr viel variablere Masse-Steifigkeitsverteilung eingestellt werden kann. Darüber hinaus kann diese (entsprechend der Ansprüche 2-5) asymmetrisch sein und (entsprechend Anspruch 6) gezielt auf die Schwingungsformen einzelner Hauptmoden hin ausgelegt werden (vgl. Abb. 3).

Weitere Vorteilhafte Wirkungen der erfindungsgemäßen Resonanzplatte:

20 1. Der akustische Zusammenhang von Materialeigenschaften und Korpusabmessungen:

Keine der Erfindungen trägt bislang ausreichend der Herausforderung Rechnung, die akustischen Eigenschaften der Streichinstrumente (Violine, Viola, Violoncello, Kontrabaß) zu verändern. Die genannten Erfindungen zielen aufgrund der beschriebenen Vorteile i.d.R. auf ein bloßes Ersetzen des Holzes, nicht auf eine Verbesserung seiner akustischen Eigenschaften ab. Wenn aber die akustischen Eigenschaften des Holzes lediglich durch einen anderen Werkstoff kopiert werden, wie dies bei den bisherigen Erfindungen stets der Fall ist, dann sind zwar keine grundsätzlichen geometrischen Veränderungen erforderlich; das akustische Ergebnis reicht dann aber bestenfalls an das herkömmliche Instrument heran. Anders verhält es sich bei der erfindungsgemäßen Resonanzplatte. Sie zielt darauf ab, die akustischen Eigenschaften gegenüber dem herkömmlichen Vollholz zu verbessern. Und zwar setzt sich diese Verbesserung der akustischen Eigenschaften zusammen aus einer Verbesserung der mechanischen Mate-

rialeigenschaften und einer gleichzeitigen Veränderung der geometrischen Abmessungen:

Dabei handelt es sich bei den Verbesserungen der mechanischen Materialeigenschaften um:

- Verringerung der Gesamtdichte gegenüber den herkömmlichen Resonanzplatten aus Vollholz. (Hierauf zielen v.a. die Ansprüche 2, 4, 5, 9, 12 und die auf 12 bezogenen Ansprüche 13-16, sowie die Ansprüche 29-32 ab. Ansprüche 30-32 legen dabei die erfindungsgemäße maximale Masse der Resonanzplatte bei Anwendung für Violine, Viola und Violoncello fest, die deutlich sowohl unter den erreichten Massen der herkömmlichen Vollholzplatten als auch unter den aus mehreren Faserlagen realisierten Faserverbund-Platten liegen.)
- Erhöhung der Schallgeschwindigkeit der Longitudinalwellen gegenüber den herkömmlichen Resonanzplatten aus Vollholz. (Hierauf zielen v.a. die Ansprüche 1, 3, 7, 8, 22 ab).

Die Veränderung der geometrischen Eigenschaften der erfindungsgemäßen Resonanzplatte ist:

- Vergrößerung der schwingenden Fläche. (Hierauf zielen die Ansprüche 25-26 ab). Konkret nennt Anspruch 26 eine Vergrößerung der schwingenden Fläche durch eine relative Verbreiterung des Umrisses bezogen auf seine Länge.

Einschub: Zur Vergrößerung der Umrißfläche

Es sollte erwähnt werden, daß es in der Geschichte des Geigenbaues immer wieder Versuche gab, die schwingende Fläche der Platten zu vergrößern, indem das Instrument verbreitert wurde. (Bekannt sind solche Versuche etwa aus dem 18. Jahrhundert durch den französischen Geigenbauer J.B. Vuillaume.) Alle derartigen Versuche, die Proportionen der klassischen aus Vollholz gefertigten Streichinstrumente (Violine, Viola, Violoncello) zu verändern, waren stets zum Scheitern verurteilt und konnten sich klanglich nicht durchsetzen. Dies ist physikalisch leicht einsichtig, denn die Anisotropie des aus verschiedenen Gründen für die Decken-Resonanzplatte verwendeten Fichtenholzes ist außerordentlich groß: Sein E-Modul ist in Längsrichtung zur Faser

(und entsprechend in Längsrichtung des Instrumentenumrisses) etwa 16 mal so groß wie quer zur Faser. Aufgrund der daraus resultierenden geringen Quersteifigkeit bewirkt eine Verbreiterung des Umrisses bei der herkömmlichen Bauweise mit Fichtenvollholz eine sehr biegeweiche Platte. Die große Biegeweichheit wiederum verursacht tendentiell eine verstärkte Unterteilung der Schwingungsmoden in zahlreiche längliche gegenphasige Schwingungsbäuche, deren Biegewellenlängen deutlich kleiner sind als die ihrer Eigenfrequenzen entsprechenden Luftschallwellenlängen. Die Folge sind hydrodynamische Kurzschlüsse mit einer entsprechend unwirksamen Schallabstrahlung. Tatsächlich wurde bei den Versuchen, die herkömmlichen Vollholzinstrumente in ihrem Umriß zu verbreitern stets eine geringere Schallabstrahlung festgestellt als bei Instrumenten mit den üblichen Proportionen, ohne daß die Ursachen dafür i.d.R. erkannt wurden.

Anders verhält sich das Merkmal des (auf eine Resonanzplatte in Faserverbund-Bauweise bezogenen!) Anspruchs 26. Hier kann durch eine Kombination der steifigkeitserhöhenden Merkmale der Ansprüche 1-9 eine Querbiegesteifigkeit erzeugt werden, bei welcher eine Unterteilung in die genannten länglichen gegenphasigen Schwingungsbäuche unterbunden wird und somit die abstrahlungsschädlichen hydrodynamischen Kurzschlüsse vermieden werden. Die Möglichkeit, im Gegensatz zu den herkömmlichen Vollholzinstrumenten, bei Faserverbund-Resonanzplatten solch eine Flächenvergrößerung in Querrichtung (Breite) zu realisieren, ist bei der erfindungsgemäßen Resonanzplatte ein wesentliches erfinderisches Merkmal. Eine Vergrößerung der schwingenden Fläche in Längsrichtung hätte ungünstige Auswirkungen auf die spieltechnischen Gegebenheiten des Instrumentes (Mensur, schwingende Saitenlänge, Griffabstand), sodaß bei der erfindungsgemäßen Resonanzplatte die genannte Vergrößerung in Querrichtung vorgesehen ist.

Eine Kombination aus beiden genannten Merkmalen, also die Verbesserung der Materialeigenschaften und die gleichzeitige Veränderung der Geometrie führt zu einer erheblichen Verbesserung der akustischen Eigenschaften der erfindungsgemäßen Resonanzplatte, nämlich:

- Erhöhung des Schwingungspegels der Eigenschwingungen
- Erhöhung der Schallabstrahlung
- Erhöhung der Modendichte (Anzahl an Schwingungsmoden pro Frequenzband)

5

Ein wichtiges Merkmal der erfindungsgemäßen Resonanzplatte ist die gleichzeitige Verbesserung der mechanischen Eigenschaften und die Vergrößerung ihrer Fläche. Denn eine Erhöhung der Schallgeschwindigkeit und eine Reduzierung der schwingenden Masse hätte ohne
10 deutliche Vergrößerung der schwingenden Fläche hinsichtlich der resultierenden Eigenschwingungen zwar höhere Schwingungspegel, zugleich aber auch höhere Eigenfrequenzen zur Folge. Ein mit solchen Resonanzplatten ausgestattetes Instrument wäre zwar lauter, zugleich
15 aber wäre es durch die Eigenfrequenz-Verschiebungen mit i.d.R. unerwünschten Klangfarben ausgestattet. Erst durch die Vergrößerung der Plattenfläche werden die genannten drei Verbesserungen (Schwingungspegel; Schallabstrahlung; Modendichte) der akustischen Eigenschaften bei gleichbleibenden Eigenfrequenzen erreicht.

20

Bei der erfindungsgemäßen Resonanzplatte sind durch die Kombination aus Materialverbesserung und Geometrieänderung entsprechend der in den Ansprüchen formulierten Merkmale Eigenfrequenzen, Eigenschwingungsformen und Resonanzdämpfung gezielt konzipierbar. Die akustische Konzeption erfolgt dabei durch das „Muster der Faserbeschichtung“, nämlich Faserrichtung und -richtungsänderung (Ansprüche 1, 3 und 6); Faseranteil und -dichte (Anspruch 2); Faserbedeckung (Anspruch 4); Garnfeinheit und Garndicke (Anspruch 5); Faserunterschiede auf Ober- und Unterseite (Ansprüche 7 und 8), sowie durch das
25 „Muster der Aussparungen“ in der Kernplatte (1) (Anspruch 12) nämlich Anteil pro Kernplattendicke (Ansprüche 13 und 14); Größe, Form, Dichte und Häufigkeit der Aussparungen (Anspruch 15); sowie schließlich durch die Dämpfung der Resonanzen durch präparierte Außenschichten (Ansprüche 17-21) und das „Muster der Dämpfungsschicht“
30 (Anspruch 18). Das Muster der Faserbeschichtung erzeugt darüber hinaus den Anisotropieunterschied von Boden- und Decken-Resonanzplatte (Ansprüche 23 und 24).

35

2. Dämpfung der Schwingungsmoden:

U.S. Pat. Nr. 6,087,568 (Seal) definiert bestimmte Faser-zu-Harz-Anteile, um eine klanglich wünschenswerte Dämpfung der Schwingungsmoden zu erreichen. Bei Verwendung der wenig gedämpften und darum eher metallisch klingenden Kohlefaser gibt das genannte Patent zur Dämpfungserhöhung einen ungewöhnlich hohen Harzanteil von bis zu 60% an. Die Methode, auf diese Weise die Dämpfung der Resonanzen zu erhöhen, geht zwangsläufig einher mit einem sich verschlechternden Steifigkeit-zu-Masse-Verhältnisses, das umso kleiner ist, je größer der Harzanteil im Verhältnis zum Faseranteil ist. Die erfindungsgemäße Resonanzplatte wird dagegen ohne eine Verschlechterung des Steifigkeit-zu-Masse-Verhältnisses in einen klanglich angenehmen Bereich „hinein bedämpft“. Dieser Dämpfungsbereich, der (gemäß Anspruch 17) durch den Verlustfaktor (10) angegeben wird, liegt (gemäß Anspruch 19) zwischen $2 \cdot 10^{-2}$ und $6 \cdot 10^{-2}$ (vergleiche Abb. 4). Erzielt werden diese Dämpfungswerte (gemäß der Ansprüche 17-21) a) durch Präparierung bzw. Grundierung und Lackierung dünner Außenschichten aus Vollholz. Da in den Außenschichten bei Anregen der Schwingungsmoden die größten Biegespannungen auftreten, wirkt hier eine Präparierung besonders wirksam; b) durch eine auf die Faserbeschichtung (2) zusätzlich aufgebrachte Dämpfungsschicht (Anspruch 18), die nur Teilbereiche der Gesamtfläche einnimmt, die also ein bestimmtes „Muster“ enthält. Da die verschiedenen Eigenschwingungen der Resonanzplatte ihre Schwingungsbäuche und Knotenlinien an lokal unterschiedlichen Plattenbereichen haben, werden durch das „Muster der Dämpfungsschicht“ einzelne Eigenschwingungen stärker bedämpft als andere. Dies wirkt sich im Resonanzprofil des Instrumentes günstig aus.

3. Einstellen der Eigenfrequenzen der erfindungsgemäßen Resonanzplatte:

Durch das multidirektionale Fasermuster lassen sich gezielte Eigenfrequenzabstände zwischen Eigenschwingungsmoden einstellen (Anspruch 6). Analysen im Akustiklabor des Erfinders zeigen, daß charakteristische Klangunterschiede zwischen klanglich herausragenden Geigentypen zu einem wesentlichen Teil ihre Ursache in den Frequenzabstän-

den der jeweiligen Korpusresonanzen haben. So weisen die eher weich spielbaren Geigen von A. Stradivari (1644-1734) stets ein engeres Frequenzverhältnis zwischen der unteren und der oberen Hauptkorpusmode auf (s. Abb. 3), als die ebenso beliebten, aber mit viel mehr

5 Widerstand spielbaren Geigen von J. Guarneri del Gesù (1698-1744).

Eine akustische Realisierung der für die Klangfarbenempfindung notwendigen Eigenfrequenzen und Eigenschwingungsformen ist durch geeignete Kombination der in den Ansprüchen dargestellten erfinderischen Merkmale möglich: Einstellen der lokalen Biegesteifigkeit durch ent-

10 sprechende Faserorientierung und -positionierung (gemäß der Ansprüche 1-8). Reduktion der Gesamtmasse der Resonanzplatte durch Einbringen von Aussparungen (7) in die Kernplatte (1) (gemäß der Ansprüche 12-16); Einstellen der Biegesteifigkeit durch unterschiedli-

15 che Dicken (8) der Kernplatte (1) (gemäß Anspruch 22); Verändern der Eigenschwingungsformen durch Anpassen der Anisotropie (gemäß Ansprüchen 23-24).

Die Merkmale der Ansprüche 1-8, die eine Erhöhung der Biegesteifigkeit sowie der Ansprüche 2, 4, 12-16, 27-28, die eine Reduzierung
20 der schwingenden Masse betreffen, haben, wie im folgenden Abschnitt dargelegt, nicht nur für akustische Musikinstrumente mit Resonanzkörper eine wesentliche Bedeutung, sondern für alle akustischen Musikinstrumente mit Resonanzböden.

25 Begründung für die weitreichende Anwendung der erfindungsgemäßen Resonanzplatte im akustischen Musikinstrumentenbau:

Es wird darauf hingewiesen, daß die erfindungsgemäße Resonanzplatte
30 nicht nur zur Verbesserung der akustischen Eigenschaften von Saiteninstrumenten mit Resonanzkörper (Zupfinstrumente, Streichinstrumente) eingesetzt werden kann, sondern für alle akustischen Musikinstrumente, deren Schallabstrahlung mittels Resonanzplatte, bzw. Resonanzboden erzielt wird, also auch für Tasteninstrumente (Klavier, Flügel, Cembalo usw.).
35 Denn bei allen akustischen Musikinstrumenten mit Resonanzplatten besteht prinzipiell das gleiche akustische Problem, das durch die erfindungsgemäße Resonanzplatte besser als bisher gelöst werden kann:

- a) mit kleinstmöglicher Anregung größtmögliche Schwingungspegel zu erzeugen. Dazu ist eine *geringe schwingende Masse* erforderlich;
- b) größtmögliche gleichphasige Schwingungsbereiche zu erzielen, um die sog. kritische Frequenz (bei der die Luftschallwellenlänge gleich der Biegewellenlänge der Biegeeigenschwingungen ist) zu tieferen Frequenzen hin zu verschieben und somit eine wirksame Schallabstrahlung auch im tieffrequenten „sonoren“ Bereich zu erzielen. Zur Erzielung möglichst großflächiger, gleichphasiger Schwingungsbereiche ist eine *möglichst hohe Biegesteifigkeit* der Platte erforderlich. Damit dies nicht wiederum eine Erhöhung der Eigenfrequenzen mit sich bringt, ist die Plattenfläche zu vergrößern.
- c) eine höchstmögliche Modendichte (Eigenschwingungen pro Frequenzband) zu erreichen, um möglichst viele Harmonische (Obertöne) des gespielten Tones mittels Resonanz zu verstärken. Die Modendichte wirkt sich prinzipiell auf die Wahrnehmbarkeit und Farbigkeit des Klanges aus. Beim Streichinstrument wirkt sich solch eine erhöhte Modendichte zusätzlich stark auf die „Lebendigkeit“ des Tones aus, weil geringste spieltechnische Variationen (z.B. Vibrato oder Bogenstrichänderungen) des Musikers sich akustisch umso stärker auswirken, je mehr Obertöne im Instrument „auf Resonanz stoßen“. Um eine höhere Modendichte zu erzielen, ist eine Vergrößerung der schwingenden Fläche der Resonanzplatte erforderlich.

Das Problem ist hierbei, daß die Forderungen a) und b) sich grundsätzlich widersprechen. Bei der herkömmlichen, aus Vollholz gefertigten Resonanzplatte ist dieser Widerspruch insofern gravierend, als eine Verringerung der Plattendicke zwar linear mit einer erwünschten Verringerung der schwingenden Masse einher geht, gleichzeitig aber in dritter Potenz mit einer unerwünschten Verringerung der Biegesteifigkeit. Dieser Widerspruch wird durch die erfindungsgemäße Resonanzplatte in Composite-Bauweise wesentlich besser gelöst, da sie bei geringerer schwingenden Masse höhere Biegesteifigkeiten erreicht und somit höhere Schwingungspegel und damit eine verbesserte Schallabstrahlung. Darin begründet sich die Einheitlichkeit der genannten, entweder auf eine Reduzierung der schwingenden

Masse oder auf eine Erhöhung der Biegesteifigkeit abzielenden Ansprüche.

5 (Eine Verringerung der schwingenden Masse ist gleichbedeutend mit einer Verringerung der Gesamtdichte der Resonanzplatte, denn hier besteht ein proportionaler Zusammenhang. Eine Vergrößerung der Biegesteifigkeit ist gleichbedeutend mit einer Erhöhung der Schallgeschwindigkeit der Longitudinalwellen der Resonanzplatte, denn die Biegesteifigkeit ergibt sich als das Produkt aus E-Modul und Flächenmoment. Der E-Modul wiederum ergibt sich als das Produkt aus Dichte und zweiter Potenz der Schallgeschwindigkeit der Longitudinalwellen.)

15 Neben der Forderung nach geringer schwingender Masse und hoher Biegesteifigkeit muß die erfindungsgemäße Resonanzplatte bei ihrer Anwendung für jedwelches akustisches Musikinstrument entsprechend der Ansprüche, die auf eine Veränderung der geometrischen Abmessungen hinzielen (Ansprüche 25-26), in ihrer Fläche größer bemessen sein, als die herkömmliche Vollholz-Resonanzplatte, an deren Stelle sie
20 eingesetzt wird: Denn sowohl eine Verringerung der schwingenden Masse als auch eine Vergrößerung der Biegesteifigkeit führt zu einer Verschiebung der Eigenfrequenzen zu höheren Frequenzen. Somit würde eine unerwünschte Veränderung der Klangfarbe erzielt werden. Um eine Verschiebung der Eigenfrequenzen zu vermeinden, ist die Resonanzplatte in ihrer Fläche vergrößert. Denn die Abmessung einer Richtung
25 (x oder y) der Resonanzplatte geht in erster Näherung im Nenner mit zweiter Potenz in die Eigenfrequenz der Biegeeigenschwingungen dieser Richtung (x oder y) ein. Das heißt, eine Vergrößerung der Resonanzplatte wirkt sich sehr empfindlich auf eine Verschiebung ihrer
30 Eigenfrequenzen zu tieferen Frequenzen hin aus.

Somit besteht für alle akustischen Musikinstrumente mit Resonanzplatten bzw. Resonanzböden eine der wesentlichen Neuheiten der erfindungsgemäßen Resonanzplatte darin, die Verringerung der schwingenden Masse, die Erhöhung der Biegesteifigkeit und die Vergrößerung
35 der schwingenden Fläche gleichzeitig miteinander zu kombinieren. Darin ist auf die Einheitlichkeit der Ansprüche der erfindungsgemäßen Resonanzplatte hingewiesen. Denn durch die Kombination der Merk-

male der erfindungsgemäßen Resonanzplatte werden alle oben genannten akustischen Forderungen a), b) und c) besser als bislang möglich erfüllt. Damit wird im Gegensatz zu anderen Erfindungen im Bereich der Faserverbund-Resonanzböden der Werkstoff Holz nicht nur ersetzt, sondern dessen akustische Eigenschaften übertroffen.

Es soll aber dennoch darauf hingewiesen werden, daß nicht nur eine Kombination der genannten Merkmale, sondern auch die Einzelanwendung der erfinderischen Merkmale von Bedeutung ist. Denn auch die Einzelmerkmale (Verringerung der schwingenden Masse; Erhöhung der Biegesteifigkeit; Vergrößerung der Fläche) können in Einzelfällen (nämlich wenn die Eigenfrequenzen der herkömmlichen Resonanzplatte bereits zu tief abgestimmt sind) eine gewisse klangliche Verbesserung gegenüber den herkömmlichen Resonanzplatten bewirken. Aus diesem Grund nennen die Ansprüche 26, 28-32 Absolutwerte, ab denen auch ohne Kombination mit anderen Merkmalen gegenüber herkömmlichen Vollholz-Resonanzplatten eine akustische Verbesserung eintritt, wobei Ansprüche 28 und 29 sich auf die Anwendung bei jedwelchem akustischen Musikinstrument bezieht, dessen Resonanzplatte aus Fichtenholz oder Ahornholz durch die erfindungsgemäße Resonanzplatte ersetzt wird und Ansprüche 30-32 jeweils auf die Verwendung der erfindungsgemäßen Resonanzplatte für Violine (Geige), Viola (Bratsche) und Violoncello (Cello).

Dennoch wird ein weitergehender akustischer Erfolg erst durch eine Kombination aller Merkmale erreicht.

Methoden der Herstellung und Ausführungsbeispiele:

Eine Herstellung der Faserbeschichtung, die mit den in Ansprüchen 1-6 genannten Merkmalen ausgestattet ist, kann grundsätzlich durch verschiedene Verfahren erfolgen. Eine Möglichkeit ist durch das Handlaminieren der Kernplatte gegeben. Diese Methode verlangt zwar nur einen geringen Investitionsbedarf, ist dafür aber zeitintensiv und weniger reproduzierbar als andere Verfahren. Anspruch 33 stellt sicher, daß die Herstellung der erfindungsgemäßen Resonanzplatte nicht nur durch ein einfaches Handlaminierverfahren erfolgen kann und beschreibt daher ein alternatives Verfahren, nämlich die Her-

stellung eines sog. Prepregs (engl. **preimpregnated fibres**). Ein Prepreg stellt ein mit thermoplastischer oder duroplastischer Matrix vorimprägniertes Halbzeug dar. Es bietet den Vorteil, daß der sehr komplexe Tränkungsvorgang der Fasern mit dem Matrixharz von der eigentlichen Beschichtung der Kernplatte getrennt durchgeführt wird. Dieser für die Qualität und das Eigenschaftsprofil des späteren Verbundwerkstoffes sehr wichtige Vorgang wird auf einer Prepreganlage unter kontrollierten und reproduzierbaren Bedingungen durchgeführt [s. Ehrenstein, G.W.: „Faserverbund-Kunststoffe“, München-Wien 1992]. Zwar werden textile Gelege und Gewebe mit unterschiedlichsten Formen als Prepregs angeboten, die in den Ansprüchen 1-6 dargestellten Merkmale weisen diese jedoch nicht auf. Insofern werden die beschriebenen Vorteile der einschichtigen, multidirektionalen Faserbeschichtung hinsichtlich einer Prepreg-Herstellung in Anspruch 33 zwar insbesondere für die Anfertigung der erfindungsgemäßen Resonanzplatte geltend gemacht. Da die genannten Vorteile der in den Ansprüchen 1-8 genannten Merkmale aber darüber hinaus für jedwelle Anfertigung von Ultra-Leichtbaustrukturen in Faser-Kunststoff-Verbunden zutreffen, ist die Anwendung des erfindungsgemäßen Prepregs nach Anspruch 33 nicht auf die Anfertigung der Resonanzplatte begrenzt.

Ein Ausführungsbeispiel eines Flächenelementes der erfindungsgemäßen Resonanzplatte ist in Abb. 1 dargestellt. Darin wird eine Kombination einiger wesentlicher in den Ansprüchen genannter Merkmale realisiert. Im einzelnen handelt es sich bei den dargestellten Merkmalen des Ausführungsbeispiels der Abb. 1 um:

- Multidirektionale, einschichtige Faserbeschichtung (2) unterschiedlicher Flächendichte auf Oberseite (3) und Unterseite (4) [nach Ansprüchen 1-3].
- Kernplatte (1) aus Balsaholz unterschiedlicher Dicke (8) [Anspruch 22] mit im Hirnholzschnitt in Normalenrichtung zur Plattenenebene verlaufenden Jahresringen (6), sowie senkrecht zur Normalenrichtung der Plattenebene verlaufenden Holzfasern (5) [nach Ansprüchen 10].
- In Kernplatte (1) eingebrachte Aussparung (7), die in diesem Fall die volle Dicke (8) der Kernplatte einnimmt [nach Ansprüchen 12-13].

- Dünne Vollholzschrift (9) auf Oberseite (3) und Unterseite (4) [nach Anspruch 17].

Abb. 2: Drei Ausführungsbeispiele des Fasermuster zur Anfertigung der erfindungsgemäßen Resonanzplatte:

- a) multidirektionale, einschichtige Faserbeschichtung (2) [Anspruch 1] mit (bei Mittelung über ausreichend große Fläche) konstantem Faseranteil pro Fläche und mehrfachen, kontinuierlichen Richtungsänderungen (15) [Anspruch 3].
- b) multidirektionale, einschichtige Faserbeschichtung (2) [Anspruch 1] mit nichtkonstantem Faseranteil pro Fläche [Anspruch 2] (vgl. Verdichtung des Faseranteils (18) mit Bereichen geringerer Faserdichte je Fläche (19)) und mehrfachen, kontinuierlichen Richtungsänderungen (15) [Anspruch 3].
- c) multidirektionale, einschichtige Faserbeschichtung (2) [Anspruch 1] mit nichtkonstantem Faseranteil pro Fläche [Anspruch 2]; nichtbedeckten Teilbereichen (14) [Anspruch 4]; mehrfacher abrupter Richtungsänderung (17) [Anspruch 3]; Streifen (12) und Parzellen (13) [Anspruch 4]; sowie Fasern unterschiedlicher Garnfeinheit (16) [Anspruch 5].

Abb. 3: Beispiel einer Hauptkorpus-Eigenschwingungsform einer Geige (Experimentelle Modalanalyse im Akustiklabor des Meisterateliers für Geigenbau, Martin Schleske). Dargestellt sind

- a) die Linien gleicher Amplituden
- b) die animierte Eigenschwingungsform

Abb. 4: Veranschaulichung der Definition des Verlustfaktors (10) einer Resonanzspitze (11): Der Verlustfaktor η ergibt sich wie folgt:

$$\eta = (f_o - f_u) / f_R$$
, wobei f_o und f_u die Grenzfrequenzen der 3-dB-Bandbreite und f_R die Resonanzfrequenz ist.

Abb. 5: Veranschaulichung der Proportionsquotienten [nach Anspruch 26] durch Bemaßung der maximalen Umrißlänge (L), der maximalen oberen Umrißbreite (oB), der minimalen mittleren Umrißbreite (mB), sowie der maximalen unteren Umrißbreite (uB) am Beispiel eines Geigenumrisses.

Abb. 1

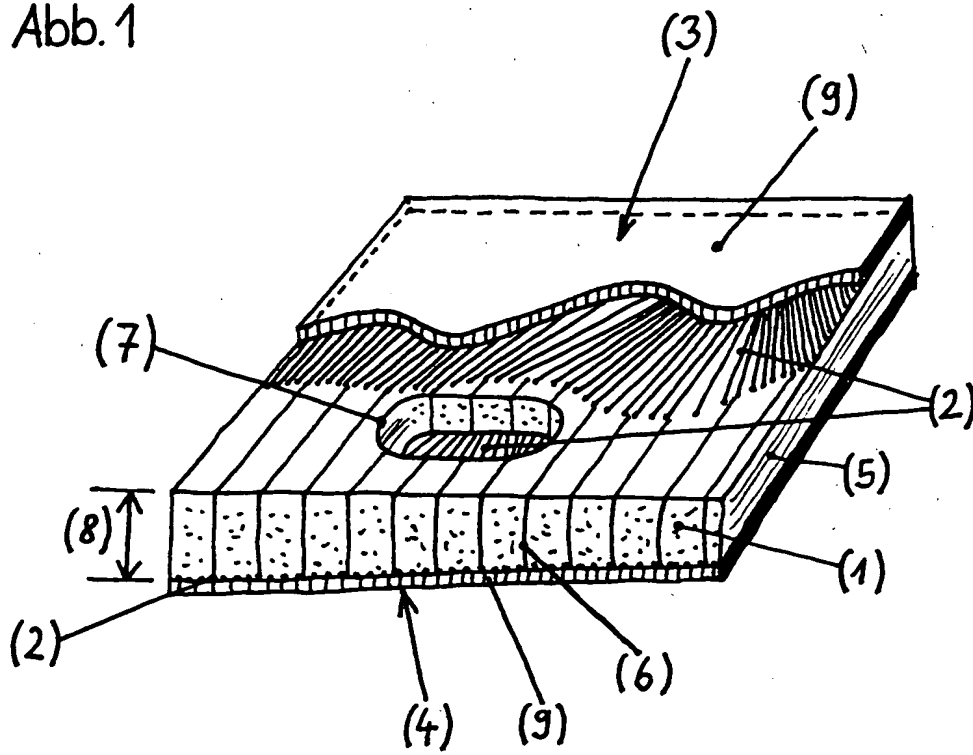
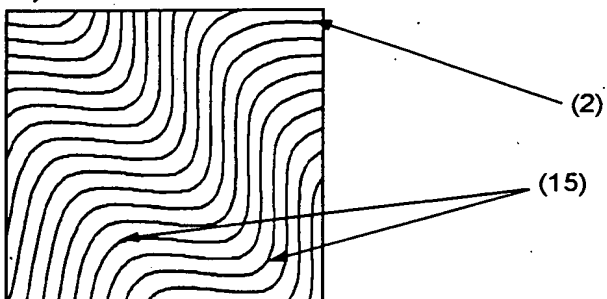
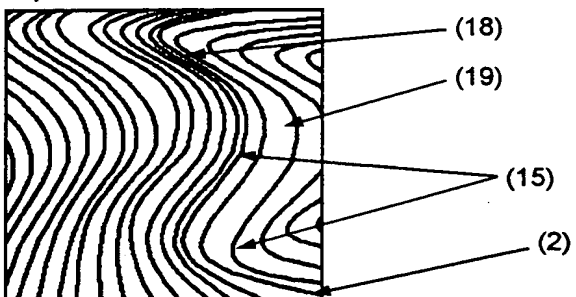


Abb. 2

a)



b)



c)

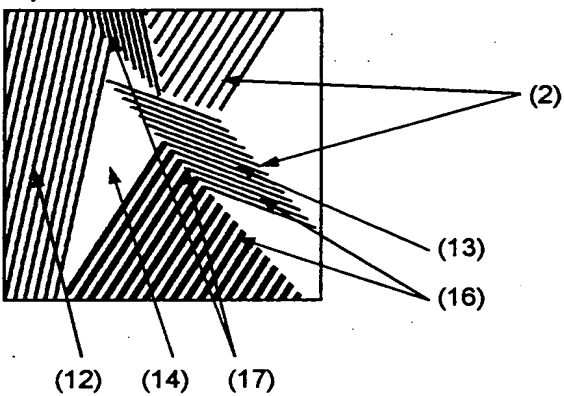


Abb. 4

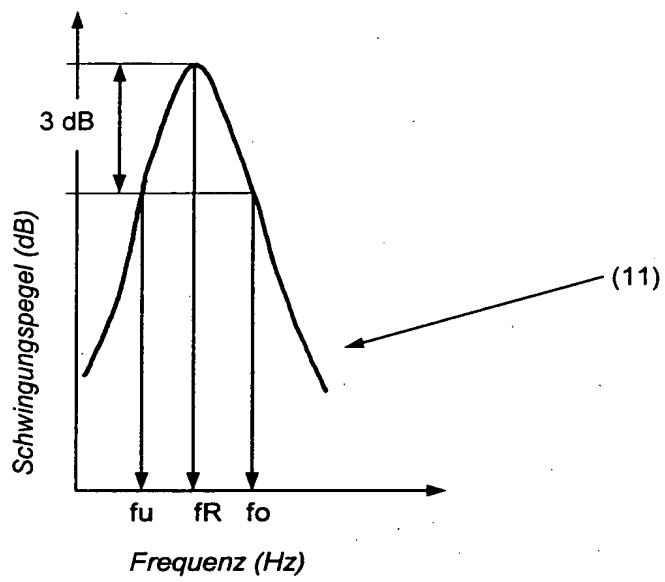
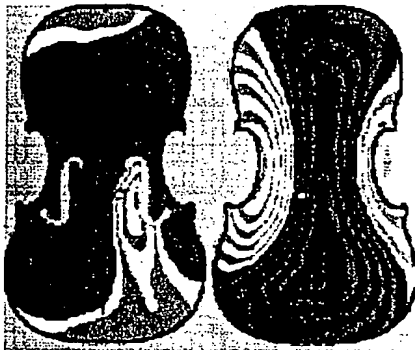


Abb. 3

a)



b)

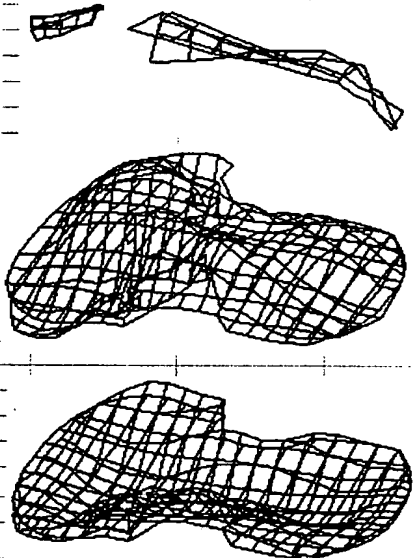
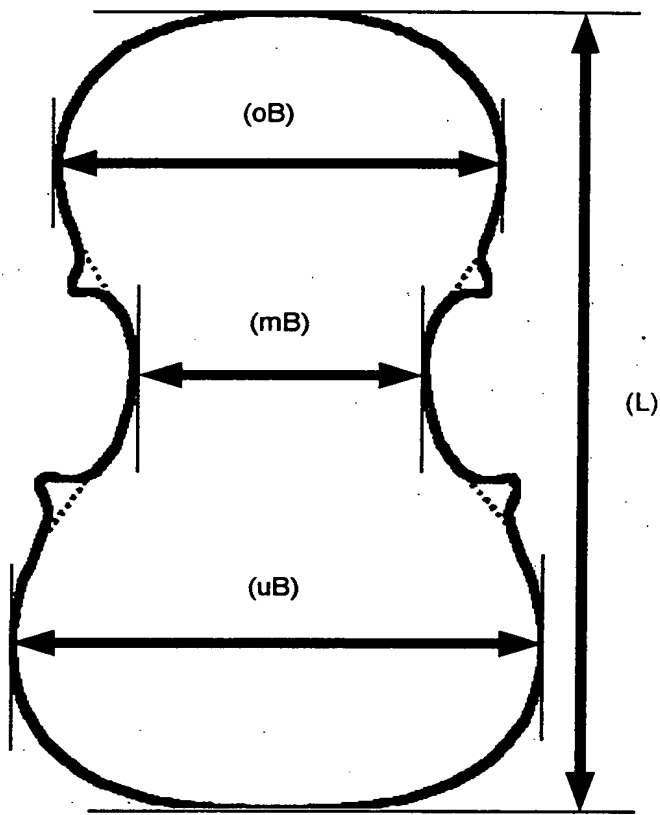


Abb. 5





012

